©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

Nachr. entomol. Ver. Apollo, Frankfurt/Main, N.F. **12** *(1): 1–16 – März 1991* 1
ISSN 0723-9912

Untersuchung zu Witterungseinflüssen auf die Populationsdynamik verschiedener Tagfalterarten (Papilionoidea und Hesperioidea)

von

Peter BRENNER und Walter HALFENBERG

Zusammenfassung: In der vorliegenden Arbeit werden statistische Korrelationen zwischen Populationsdynamik und Witterungsverlauf untersucht. Als Grundlagen für die Untersuchung dienten die Beobachtung von verschiedenen Tagfalterarten im Kölner Stadtgebiet über einen Zeitraum von 10 Jahren und meteorologische Aufzeichnungen der Flugwetterwarte Köln-Wahn. Es erwies sich als günstig, die Wetterdaten entsprechend dem Lebenszyklus der Falter nach Dormanz und Flugzeit in Winter- und Sommerperiode zu unterteilen. Eine Gegenüberstellung der Daten und Korrelationsberechnungen lassen für bestimmte Arten den Schluß zu, daß der Witterungsverlauf zumindest tendenziellen Einfluß auf die Populationsdynamik hat. Die Winterperiode zeigte für die Arten *Pieris brassicae, Gonepteryx rhamni, Aglais urticae* und *Lycaena phlaeas* eine Einwirkung auf die Populationsgröße der darauffolgenden Flugzeit. Die Sommerperiode wirkte sich direkt auf die Populationsgrößen der Arten *Maniola jurtina* und *Celastrina argiolus* aus.

Investigation on the influence of weather on the population dynamics of different species of butterflies

Abstract: The proposed essay examines a possible relationship between population dynamics and the course of weather conditions. The examination is based on observations of different butterfly species in the area of Cologne for 10 years and meteorological notations of the Cologne Airport Met-Office. It turned out to be advantageously, according to the life-cycle of the butterflies consisting of dormancy and flight period, to subdivide the meteorological dates in (unequal) summer- and winter-periods. A comparison of data and the calculation of correlation-coefficients lead to the conclusion that weather conditions have influence on the population dynamics. The winter-period influenced the population density in

Eingang: 17. iv. 1990

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

the subsequent summer-period of the species *Pieris brassicae, Gonepteryx rhamni, Aglais urticae* and *Lycaena phlaeas*. The summer-period influenced directly the population density of the species *Maniola jurtina* and *Celastrina argiolus*.

1. Einleitung

Jeder Lepidopterologe, der über längere Zeiträume hinaus Falterpopulationen beobachtet, kann feststellen, daß sich die Populationsgröße von Jahr zu Jahr ändert. Die demökologischen Zusammenhänge, die solche als Populationsdynamik bezeichneten Schwankungen verursachen, können unterschiedlichster Art und von großer Komplexität sein. Zum besseren Verstehen dieser Zusammenhänge werden die auf eine Population wirkenden Einflußgrößen im allgemeinen in abiotische und biotische Faktoren unterteilt. Im Folgenden wird untersucht, inwieweit der Witterungsverlauf als einer der in Frage kommenden abiotischen Faktoren Einfluß auf die Populationsdynamik hat.

2. Vorgehen

Die Beobachtungen wurden im linksrheinischen Kölner Stadtgebiet durchgeführt. Der Beobachtungszeitraum erstreckt sich über die Jahre 1979 bis 1988. Die Populationsgrößen wurden für die untersuchten Arten auf einer ordinalen Skala mit den Rangzahlen 0, 1, 2 und 3 aufgezeichnet, wobei:

0 = kein Fund
1 = unterdurchschnittliche
2 = durchschnittliche
3 = überdurchschnittliche

Populationsgrößen darstellen (s. Tabelle 1). Aufgrund welcher absoluten Größenordnungen die Rangzahlen ermittelt wurden, ist von HALFENBERG (1990) beschrieben worden.

Durch die angewendeten Auswertungsverfahren, die weiter unten noch erläutert werden, müssen folgende Voraussetzungen von den Falterarten erfüllt sein, um möglichst sichere Aussagen zu treffen:

- Die betreffenden Arten dürfen keine Saisonwanderer sein;
- zwecks lückenloser Aufzeichnung der Daten müssen die Habitate in jedem Jahr kontrolliert worden sein;

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

Tabelle 1: Populationsdynamik der Falter über einen Zeitraum von 10 Jahren.

Art	Populationsgrößen									
	'79	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88
P. brassicae	3	2	1	3	1	2	2	2	1	2
G. rhamni	2	2	2	3	1	2	2	2	1	1
I. io	2	2	2	3	1	1	1	1	1	1
A. urticae	3	1	2	3	1	2	2	1	2	2
P. c-album	0	0	1	1	1	2	1	2	2	3
M. jurtina	1	1	1	2	2	1	1	2	2	3
A. hyperantus	1	0	0	3	1	1	1	0	2	1
L. phlaeas	1	2	0	2	1	1	1	1	1	0
C. argiolus	1	1	1	3	2	2	1	2	2	3
P. icarus	1	2	1	3	2	2	2	2	3	2
T. lineolus	1	2	1	2	1	1	1	2	2	2

- die Individuenzahlen dürfen nicht zu gering sein, um Fehlbeurteilungen in den Größen der Populationen zu vermeiden;
- es dürfen keine gravierenden Änderungen in den Habitaten (Bebauung, Aufforstung etc.) stattgefunden haben, um Beeinflussung durch andere Faktoren möglichst auszuschließen.

Nicht berücksichtigt werden Populationen, die im Beobachtungszeitraum nur geringen Schwankungen unterlagen, da für diese Arten keine direkten Zusammenhänge zwischen Populationsgröße und Witterungsverlauf erkennbar werden. Aufgrund dieser Kriterien können die Untersuchungen für folgende Arten durchgeführt werden:

Pieridae:
- *Pieris brassicae*
- *Gonepteryx rhamni*

Nymphalidae:
- *Inachis io*
- *Aglais urticae*
- *Polygonia c-album*

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

Satyridae:	— *Maniola jurtina*
	— *Aphantopus hyperantus*
Lycaenidae:	— *Lycaena phlaeas*
	— *Celastrina argiolus*
	— *Polyommatus icarus*
Hesperiidae	— *Thymelicus lineolus*

3. Auswertungsverfahren

Es wurden zwei Methoden zur Untersuchung und Darstellung der Zusammenhänge zwischen Witterungseinflüssen und Populationsentwicklung verwandt:

1) Graphische Darstellung der Rangzahlen in Abhängigkeit von den meteorologischen Daten mit der jeweils zugehörigen Regressionsgeraden, die zur Veranschaulichung der Zusammenhänge dienen soll (Bilder 1–11).

2) Berechnung des Rangkorrelationskoeffizienten r_s nach SPEARMAN.

Dabei wurden kausale Zusammenhänge zwischen der Witterung zur Hauptflugzeit der Adulten bzw. zur Zeit der winterlichen Dormanz/Diapause und der Populationsgröße angenommen. Es liegt nahe, für die Zeit der Überwinterung die Monate Dezember bis März bzw. Dezember bis Februar auszuwählen, da sie die Monate mit den extremsten Überlebensbedingungen sind. Ausschlaggebend im Sommer zeigten sich im Laufe der Untersuchung die Monate April bis August mit der in diese Zeit fallenden Hauptflugzeit. Außerdem liegt in dieser Zeit für die betrachteten Arten auch die Periode des hauptsächlichen Larvenfraßes ("Reifefraß"); schlechte Witterung in dieser Zeit beeinflußt auch die larvale Mortalität. Daraus ergeben sich folgende Parameter:

im Winterhalbjahr:
- das Mittel der tiefsten Temperaturen von Dezember bis März
- der Durchschnitt der mittleren Temperaturen aus den Monaten Dezember, Januar und Februar
- die Summe der Frosttage
- die Summe der Eis- und Frosttage
- die durchschnittliche Niederschlagsmenge von Dezember bis März (s. Tabelle 2)

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

im Sommerhalbjahr: — die durchschnittliche Sonnenscheindauer von April bis August
— das Mittel der durchschnittlichen Temperaturen von April bis August
— die durchschnittliche Niederschlagsmenge von April bis August (s. Tabelle 3)

Alle Angaben beziehen sich auf den Sommer eines Jahres bzw. auf den vorangegangenen Winter. Als Eistage werden Tage bezeichnet, die durchgehend Temperaturen unter 0 °C aufweisen. Frosttage sind Tage, an denen die Temperatur zeitweise unter 0 °C liegt. Daß für den Winter unterschiedlich lange Zeiträume herangezogen wurden, ist darin begründet, daß der März mit seinen teilweise höheren Temperaturen den Durchschnitt der tieferen Temperaturen der Vormonate relativieren würde.

Tabelle 2: Meteorologische Daten der Winterperioden.

Winterhalbjahr					
Jahr	Summe der Frosttage	Summe der Eis- und Frosttage	durchsch. mittl. Temperaturen von Dez.-Mrz. [°C]	Mittel d. tiefst. Temperaturen von Dez.-Mrz. [°C]	durchschnittliche Niederschlagsmenge von Dez.-Mrz. [mm]
78/79	104	129	-0,27	-12,6	74
79/80	74	81	3,43	-6,6	64
80/81	83	87	1,63	-7,5	91
81/82	92	107	0,8	-11,7	60
82/83	55	56	3,17	-7,3	78
83/84	89	91	2,7	-7,8	62
84/85	81	106	-0,67	-13,8	43
85/86	98	122	1,4	-10,2	66
86/87	78	98	0,87	-12,2	84
87/88	43	44	4,57	-5,5	83

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

Tabelle 3: Meteorologische Daten der Sommerperioden.

Sommerhalbjahr			
Jahr	durchschnittliche Sonnenscheindauer Apr.-Aug. [h]	durchschnittliche mittlere Temp. Apr.-Aug. [°C]	durchschnittlicher Niederschlag Apr.-Aug. [mm]
1979	157	14,1	69,4
1980	170	13,9	101,2
1981	158	14,8	78,8
1982	199	15,3	72,2
1983	189	16,1	52,6
1984	165	13,7	88,0
1985	180	14,6	99,6
1986	201	15,0	73,4
1987	155	14,4	88,6
1988	190	15,3	52,6

4. Ergebnisse

Laut WEBER (1980) liegt der Zufallshöchstwert für den Korrelationskoeffizienten r_S mit einem $\alpha = 0{,}05$ als Vorgabe und 8 Freiheitsgraden bei $r_S = 0{,}564$; ist folglich r_S im Betrag $> 0{,}564$, handelt es sich um eine statistisch signifikante Korrelation. Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p > 0{,}05$ kann nicht von einer signifikanten statistischen Absicherung gesprochen werden; liegt p im Bereich $0{,}1 > p > 0{,}05$, sind allenfalls tendenzielle Aussagen möglich; für $p > 0{,}1$ ist nach diesem Verfahren keine Aussage mehr möglich.

Die Berechnung des Rangkorrelationskoeffizienten wurde für alle Arten mit allen obengenannten Parametern durchgeführt (s. Tabelle 4).

Für die Arten *I. io*, *P. c-album*, *P. icarus* und *T. lineolus* liegt r_S stets deutlich unter 0,564, und das verwendete Analyseverfahren kann keinen Zusammenhang zwischen Witterungsverlauf und Populationsdyna-

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

Tabelle 4: Zusammenfassung aller berechneten Korrelationskoeffizienten. * = $p < 0{,}05$: signifikante Korrelation; + = $0{,}1 > p > 0{,}05$: Tendenz.

Art	Summe der Frost-tage	Summe der Eis- u. Frostt.	durchschn. Temperatur von Dez.-Mrz.	Mittel d. tiefsten Temp. v. Dez.-Feb.	durchschn. Nieder-schlag v. Dez.-Mrz.	Sonnen-schein-dauer v. Apr.-Aug.	durchsch. Temperatur von Apr.-Aug.	durchsch. Nieder-schlag v. Apr.-Aug.
P. brassicae	0,557+	0,609*	-0,354	-0,308	-0,636*	0,289	-0,161	-0,132
G. rhamni	0,708*	0,598*	-0,434	-0,351	-0,632*	0,199	-0,228	0,269
I. io	0,378	0,254	-0,192	-0,041	-0,096	-0,089	-0,072	0,021
A. urticae	0,465+	0,400	-0,564*	-0,518+	0,111	0,288	-0,109	-0,184
P. c-album	-0,234	-0,273	0,292	0,203	0,235	0,260	0,238	-0,213
M. jurtina	-0,360	-0,240	0,300	0,300	0,293	0,533+	0,732*	-0,585*
A. hyperantus	0,006	0,176	-0,373	-0,411	-0,176	-0,072	0,177	-0,220
L. phlaeas	0,191	0,437	-0,218	-0,164	-0,655*	0,164	-0,219	0,356
C. argiolus	-0,097	-0,097	0,330	0,323	0,078	0,576*	0,578*	-0,416
P. icarus	-0,218	0,055	0,014	-0,109	-0,273	0,347	0,192	0,164
T. lineolus	-0,172	0,034	0,241	0,241	0,034	0,379	0,194	0,152

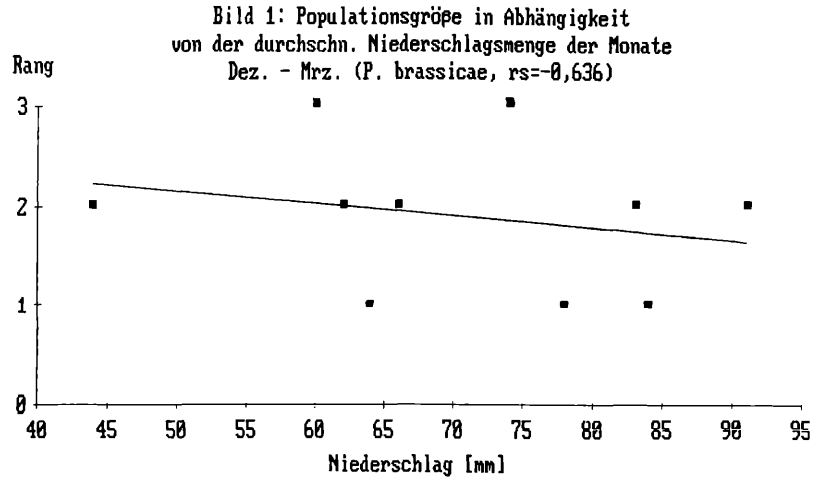
mik aufzeigen. Näher erläutert werden im folgenden die Ergebnisse, bei denen der Zufallshöchstwert erreicht bzw. überschritten wird.

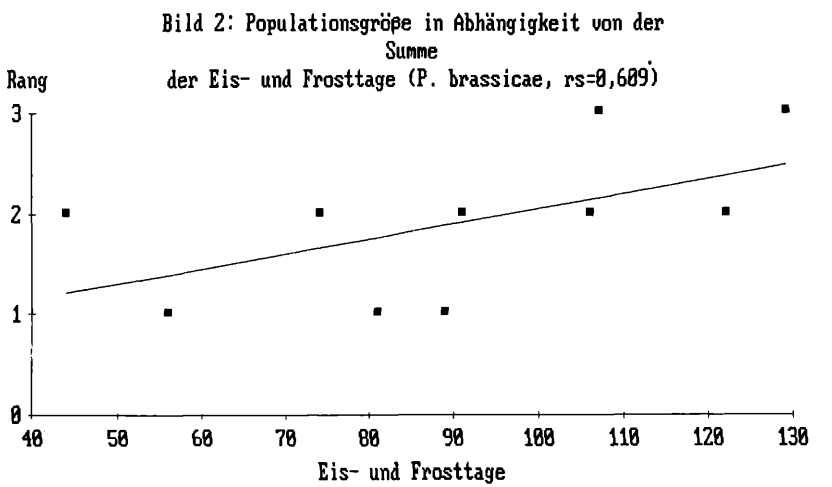
P. brassicae

Für *P. brassicae* zeigten sich in den berücksichtigten Wintermonaten zwei Faktoren beeinflussend auf die Populationsdynamik: zum einen die durchschnittliche Niederschlagsmenge der Monate Dezember bis März mit einem r_s von $-0{,}636$ (Bild 1) und zum anderen die Summe der Eis- und Frosttage mit $r_s = 0{,}609$ (Bild 2). Die daraus erkennbare Tendenz zeigt: je höher der Niederschlag in den genannten Monaten ist, desto geringer ist die Populationsgröße in der darauffolgenden Flugzeit. Die umgekehrte Tendenz ist bei den Eis- und Frosttagen zu verzeichnen. Je mehr solcher Tage pro Winter vorkommen, um so höher ist die Populationsgröße im folgenden Sommerhalbjahr. Das würde bedeuten, je kontinentaler (d. h. kälter und trockener) die Winter-

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

Abb. 1 und 2: *Pieris brassicae.*





©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

witterung ist, desto größer ist die Folgegeneration. *P. brassicae* zeigt somit während der Hibernation als Puppe eine geringe Feuchtigkeitstoleranz, wogegen die nicht überwinternde Sommerpuppe offensichtlich eine größere Feuchtetoleranz besitzt.

G. rhamni

Auch bei dieser Art wirkt sich der Witterungsverlauf während der Dormanz als limitierend oder begünstigend auf die Populationsgröße aus. Ähnliche Tendenzen wie bei *P. brassicae* sind erkennbar. Der Korrelationskoeffizient zwischen dem durchschnittlichen Niederschlag von Dezember bis März und der Populationsgröße beträgt $r_S = -0{,}632$ (Bild 3) und zwischen der Summe der Eis- und Frosttage und der Populationsgröße $r_S = 0{,}598$ (Bild 4). Betrachtet man nur die Summe der Frosttage pro Winterhalbjahr, steigt r_S auf 0,708 (Bild 5), während bei *P. brassicae* hier der Korrelationskoeffizient knapp unter den Zufallshöchstwert sinkt. Die überwinternden Imagines von *G. rhamni* sind somit gegenüber feucht-warmer Winterwitterung empfindlich. Da die Art als Imago sowohl eine Winter- als auch eine Sommerdiapause durchmacht, ist es bemerkenswert, daß eine enge Klimatoleranz nur während der Diapause im Winter, aber nicht während der des Sommers vorliegt.

A. urticae

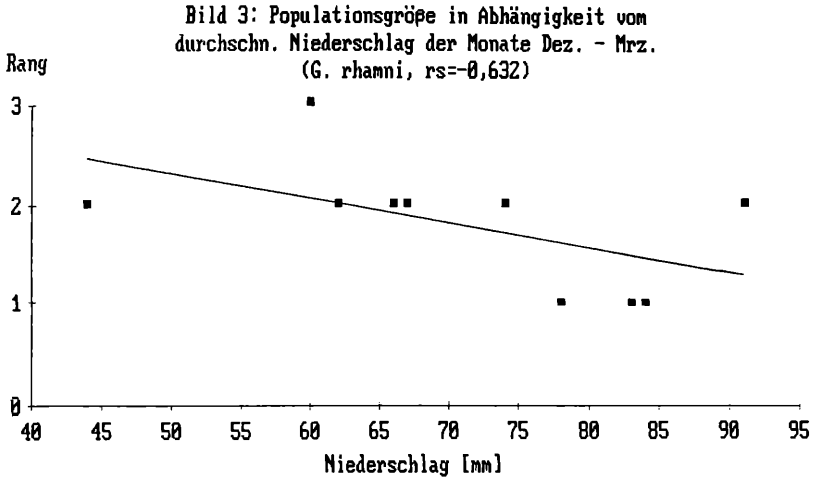
Bei dieser Art ist ebenfalls eine enge Klimatoleranz während der Dormanz festzustellen. Das Mittel der durchschnittlichen Monatstemperaturen aus Dezember bis Februar ergab ein r_S von $-0{,}564$. Eine zu warme Winterwitterung ist demnach als einer der Mortalitätsfaktoren, die auf die überwinternden Imagines einwirken, anzusehen (Bild 6). Obwohl *A. urticae* pro Jahr zwei und in günstigen Jahren eine partielle dritte Generation ausbildet, können die Verluste, die durch eine zu warme Winterwitterung entstehen, nicht innerhalb der folgenden Flugzeit ausgeglichen werden. Dies deutet auf eine relativ hohe Mortalitätsrate bedingt durch nur einen Faktor hin.

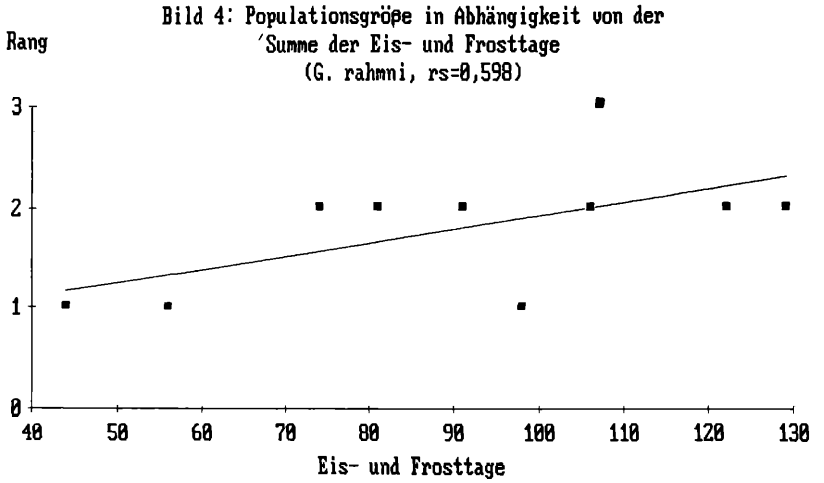
M. jurtina

Zwei Größen des Sommerhalbjahres sind hier von Bedeutung. Positiv wirken sich die mittleren Durchschnittstemperaturen der Monate April bis August mit einem $r_S = 0{,}732$ auf die Populationsgröße aus (Bild 7).

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

Abb. 3 und 4: *Gonepteryx rhamni.*





©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

Abb. 5 und 6: *Gonepteryx rhamni* und *Aglais urticae*.

Bild 5: Populationsgröße in Abhängigkeit von der Summe der Frosttage (G. rhamni, rs=0,708)

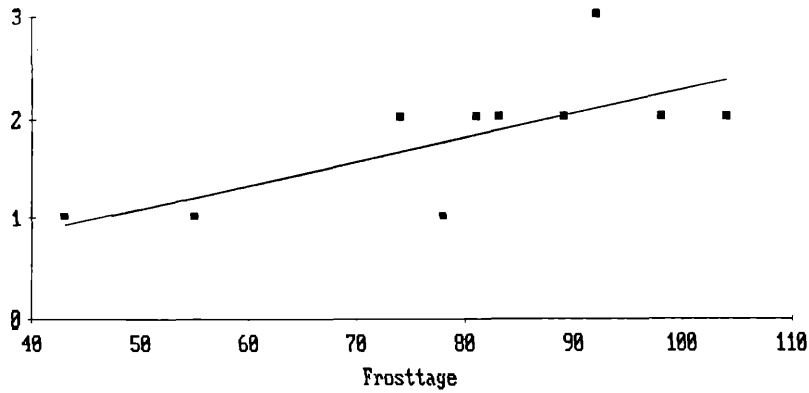
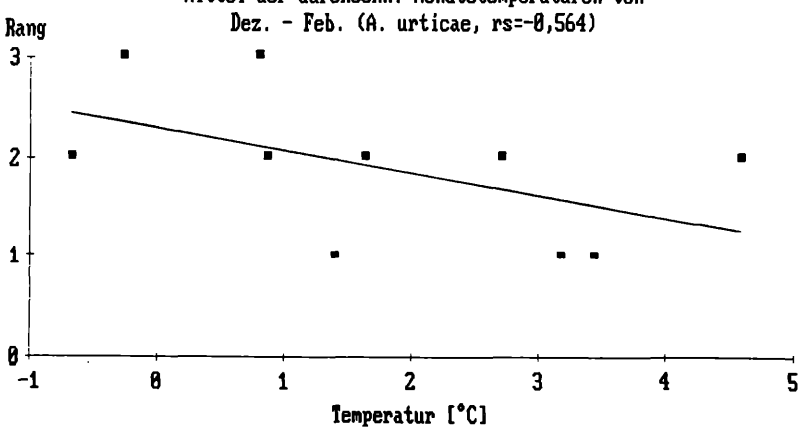


Bild 6: Populationsgröße in Abhängigkeit vom Mittel der durchschn. Monatstemperaturen von Dez. - Feb. (A. urticae, rs=-0,564)



©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

Im Gegensatz dazu ist die durchschnittliche Niederschlagsmenge der Sommermonate April bis August ($r_s = -0{,}585$) ein begrenzender Faktor (Bild 8). *M. jurtina* überwintert als junge Raupe. Nach der Überwinterung bedingt ein warm-trockenes Frühjahr eine hohe Überlebensrate der Larven sowie der Puppen. Während der Dormanz zeigen die jungen Larven eine größere Klimatoleranz. Die Empfindlichkeit der Larven gegenüber den Witterungseinflüssen tritt erst nach der Überwinterung während ihrer Weiterentwicklung ein.

L. phlaeas

Die Höhe der durchschnittlichen Niederschlagsmenge von Dezember bis März hat eine negative Einflußtendenz mit $r_s = -0{,}655$ (Bild 9) auf die Populationsgröße. Mit geringerer Niederschlagsmenge pro Winterhalbjahr steigt die Populationsgröße. Folglich besteht bei den überwinternden Larven von *L. phlaeas* eine Empfindlichkeit gegenüber Nässe.

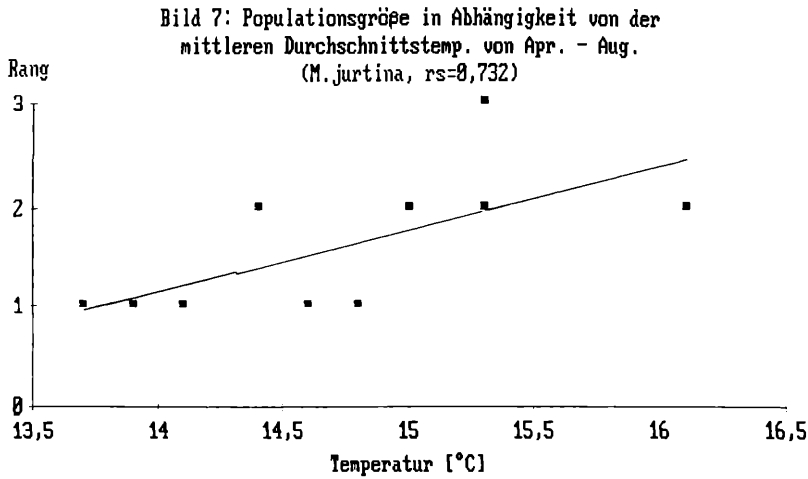
C. argiolus

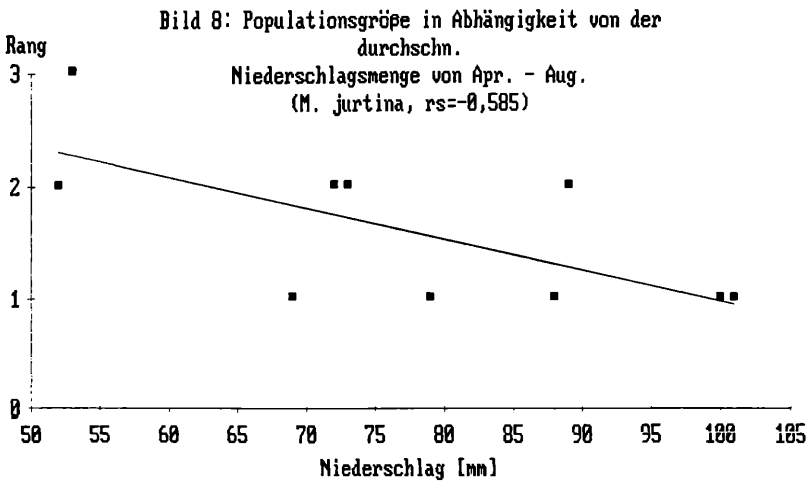
Wie bei *M. jurtina* nehmen die Faktoren des Sommerhalbjahres Einfluß auf die Populationsdynamik. Mit zunehmender durchschnittlicher Sonnenscheindauer in den Monaten April bis August steigt auch die Populationsgröße. Dies drückt sich durch $r_s = 0{,}576$ aus (Bild 10). Das gleiche gilt im selben Zeitraum für das Mittel der durchschnittlichen Monatstemperaturen mit $r_s = 0{,}578$ (Bild 11). Der Falter fliegt in zwei Generationen, wobei die erste Generation aufgrund sehr niedriger Individuenzahlen nur selten nachgewiesen werden kann. Die zweite Generation zeigt dagegen je nach Witterungseinfluß eine deutliche Steigerung in der Anzahl der Individuen. Das deutet auf eine begünstigte Raupenentwicklung durch ein sonnig-warmes Frühjahr hin. Die Höhe der Niederschlagsmenge im Sommer zeigte keine negative Einflußtendenz auf die Populationsgröße. Die Beeinflussung der Diapausepuppen durch die Witterung erscheint nicht signifikant.

Zusammenfassend ergibt sich bei dieser Untersuchung, daß der hier nachgewiesene Witterungseinfluß bei zwei Arten (*C. argiolus* und *M. jurtina*) in den Frühlings- und Sommermonaten und bei vier Arten (*P. brassicae, G. rhamni, A. urticae* und *L. phlaeas*) im Winter liegt. Es muß allerdings beachtet werden, daß es neben den nachgewiesenen Einflußfaktoren noch weitere, hier nicht behandelte Einflüsse geben kann.

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

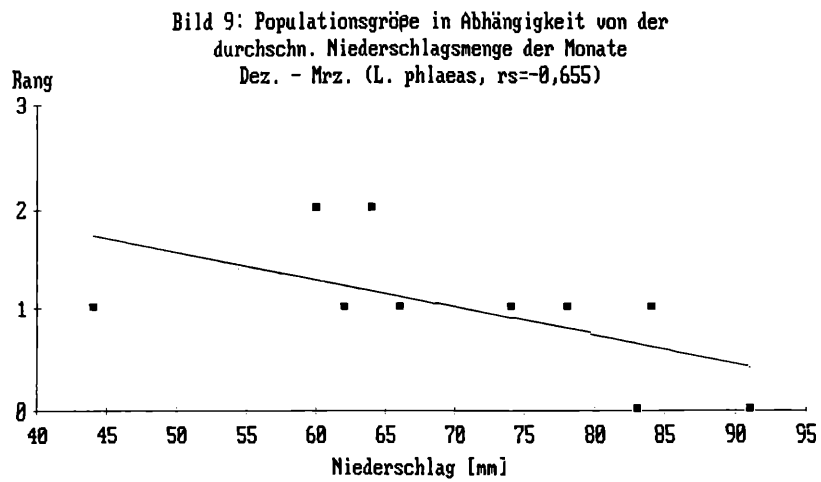
Abb. 7 und 8: *Maniola jurtina.*





©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

Abb. 9: *Lycaena phlaeas.*

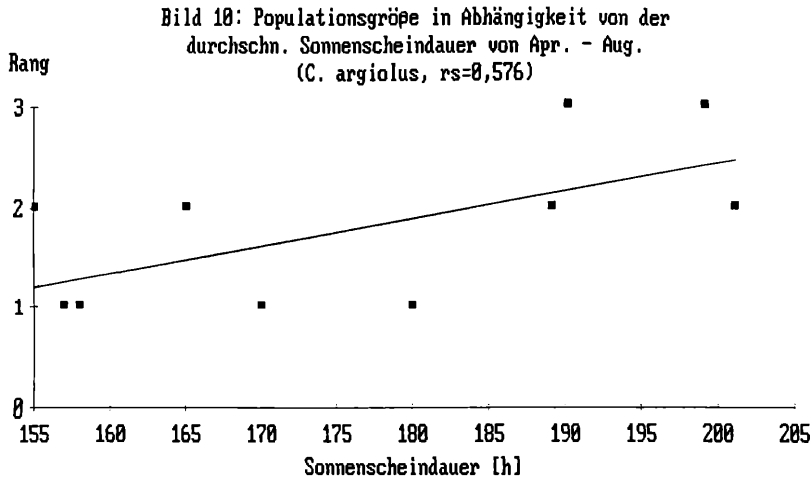


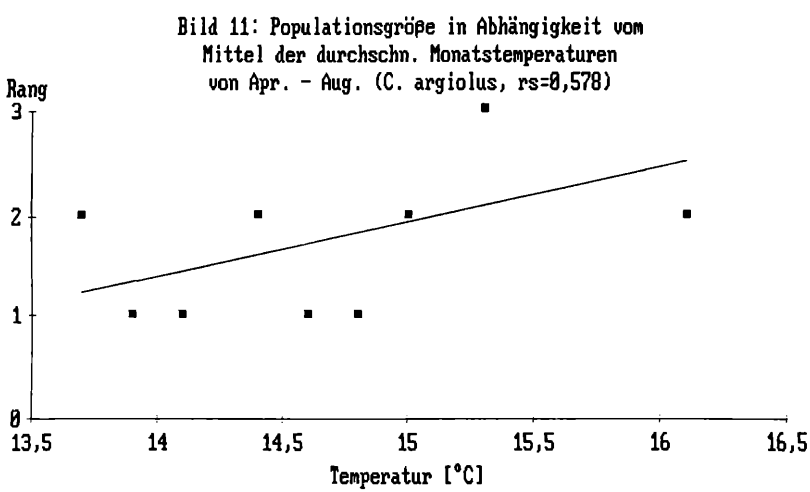
Die Populationsgrößen von *M. jurtina* und *C. argiolus* werden direkt durch den aktuellen Witterungsverlauf im Sommerhalbjahr mitbestimmt. Das deutet darauf hin, daß zumindest während der Larvalentwicklung eine enge Klimatoleranz besteht. Dagegen zeigt der Witterungsverlauf bei *P. brassicae, G. rhamni, A. urticae* und *L. phlaeas* besonders während der Dormanz Auswirkung. Daraus ergibt sich bei diesen Arten eine zeitliche Verschiebung zwischen Einwirken der Faktoren und der Populationsgröße in der Flugzeit. Das heißt, eine erhöhte Wintermortalität bedingt eine Senkung der Populationsgrößen der nächsten Generation und umgekehrt.

Weiter ist bemerkenswert, daß mit steigenden Niederschlagsmengen unabhängig von Sommer- oder Winterhalbjahr die Populationsgrößen nachteilig beeinflußt werden. Betroffen hiervon sind im Winterhalbjahr die Puppen von *P. brassicae,* die Imagines von *G. rhamni* und die Larven von *L. phlaeas* und im Sommerhalbjahr die Larvalentwicklung sowie die Puppen von *M. jurtina.* Liegen die Temperaturen im Winterhalbjahr über einen längeren Zeitraum relativ konstant in einem tiefen Bereich (hier durch die Summe der Eis- und Frosttage bzw. die Summe der Frosttage ausgedrückt), ist die Überlebenschance während der Dormanz für *P. brassicae* und *G. rhamni* erhöht.

©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

Abb. 10 und 11: *Celastrina argiolus.*





©Entomologischer Verein Apollo e.V. Frankfurt am Main; download unter www.zobodat.at

Die Parameter Sonnenscheindauer und die durchschnittlichen Monatstemperaturen von April bis August nehmen mit ihrem Ansteigen positiven Einfluß auf die Populationsgröße von *C. argiolus*. Der Mittelwert der tiefsten Temperaturen der Monate Dezember bis März tritt nur bei *A. urticae* als negativer Faktor auf und zeigt bei den übrigen Arten keine Auswirkung.
Die oben beschriebenen Tendenzen werden durch die Bilder 1—11 mit Hilfe der Regressionsgeraden veranschaulicht.

5. Beurteilung

Bei allen sich ergebenden korrelativen Zusammenhängen zwischen Witterungseinflüssen und Populationsdynamiken muß nochmals betont werden, daß es sich hierbei um statistische Zusammenhänge handelt. Die Ergebnisse müssen demnach als Tendenzen verstanden werden, die eine Hilfe bei der Bewertung der Populationsschwankungen geben können. Inwieweit der Witterungsverlauf gleiche Auswirkungen auf Populationen anderer Standorte hat, kann aufgrund fehlender Vergleichsdaten nicht beurteilt werden. Folglich treffen die Aussagen im strikten Sinne nur für die untersuchten Falterarten des linksrheinischen Kölner Raums zu. Wahrscheinlich ist jedoch, daß die genannten Falterarten innerhalb derselben Klimazone — in diesem Fall atlantisch geprägt — gleiche bzw. analoge durch Witterungseinflüsse bedingte Schwankungen zeigen.

Danksagung. Für die kritische Durchsicht des Manuskriptes und die wertvollen Ratschläge möchten wir W. A. NÄSSIG sowie dem Gutachter herzlich danken.

Literatur

DEUTSCHER WETTERDIENST: Monatlicher Witterungsbericht, 1979–1988, Offenbach am Main.

HALFENBERG, W. (1990): Beitrag zur Feststellung der ökologischen Standards von Tagfaltern der linksrheinischen Kölner Bucht. – Nachr. entomol. Ver. Apollo, Frankfurt, N.F. **11** (1): 21–44.

SACHS, L. (1969): Statistische Auswertungsmethoden. – Berlin (Springer).

WEBER, E. (1980): Grundriß der biologischen Statistik. – Stuttgart (G. Fischer).

Anschriften der Verfasser:
Peter BRENNER, Dasselstraße 59, D-5000 Köln 1
Walter HALFENBERG, Uferstraße 17, D-5000 Köln 50